

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра теоретичної радіофізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”  
Перший проректор

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### Електродинаміка

(шифр і назва навчальної дисципліни)

напряму підготовки 6.040204 – Прикладна фізика

(шифр і назва напряму підготовки)

для спеціальності \_\_\_\_\_

(шифр і назва спеціальності (тей))

спеціалізації \_\_\_\_\_

(назва спеціалізації)

факультету радіофізичного

(назва факультету)

Кредитно-модульна система  
організації навчального процесу

**Електродинаміка.** Робоча програма навчальної дисципліни для студентів  
(назва навчальної дисципліни)  
за напрямом підготовки 6.040204 – Прикладна фізика, „15” квітня, 2012.- 10 с.

Розробники: Колчигін Микола Миколайович, доктор фіз.-мат. наук, професор кафедри теоретичної радіофізики радіофізичного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри теоретичної радіофізики радіофізичного факультету Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна

Протокол № 5 від “25” квітня 2012 р.

Завідувач кафедрою теоретичної радіофізики

\_\_\_\_\_ (Колчигін М. М.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2012 р.

Схвалено методичною комісією радіофізичного факультету

Протокол № \_\_\_\_ від. “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2012 р.

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2012 р. Голова \_\_\_\_\_ ( Чорногор Л. Ф.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Декан радіофізичного факультету

\_\_\_\_\_ (Шульга С. М.)  
(підпис) (прізвище та ініціали)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів 8	Галузь знань <u>0402 Фізико-математичні науки</u> (шифр і назва)	Нормативна	—
	Напрямок підготовки <u>6.040204 – Прикладна фізика</u> (шифр і назва)		
Модулів – 3	Спеціальність (професійне спрямування):	<b>Рік підготовки:</b>	
Індивідуальне науково-дослідне завдання – <u>курсowa робота</u> (назва)		3-й	—
Загальна кількість годин - 288		<b>Семестр</b>	
		5,6-й	—
		<b>Лекції</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 (5 семестр); 4 (6 семестр) самостійної роботи студента - 3 (5 семестр); 5 (6 семестр)	Освітньо-кваліфікаційний рівень: бакалавр	87 год.	—
		<b>Практичні, семінарські</b>	
		35 год.	—
		<b>Лабораторні</b>	
		0 год.	—
		<b>Самостійна робота</b>	
		130 год.	—
		<b>ІНДЗ:</b> 36 год.	
	Вид контролю: залік, захист курсової роботи, екзамен		

### Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – 1:1 (5,6 семестр);  
для заочної форми навчання - —

## **2. Мета та завдання навчальної дисципліни**

Мета полягає у детальному ознайомленні з основними поняттями, законами, положеннями, методами електродинаміки, як одного з розділів теоретичної фізики, а також областю її науково-технічного застосування.

Завдання курсу – вивчення фундаментальних теоретичних основ мікроскопічної електродинаміки (теорії поля), макроскопічної електродинаміки (електродинаміки суцільних середовищ), теорії хвиль, і набуття навичок застосування отриманих знань для розв'язання практичних задач.

У результаті вивчення даного курсу студент повинен

**знати:** основні ідеї, поняття, закони, положення електродинаміки і теорії хвиль.

**вміти:** застосувати отримані знання для аналізу фізичних явищ і процесів, розв'язання задач.

## **3. Програма навчальної дисципліни**

### **Модуль 1. Теорія поля (мікроскопічна електродинаміка).**

**Тема 1. Аксиоматика, що лежить в основі теорії поля. Роль релятивістський механіки в побудові теорії поля.**

#### **Тема 2. Перша пара рівнянь Максвелла.**

2.1 Функція Лагранжа для зарядженої частинки в електромагнітному полі. Чотиривимірний векторний потенціал електромагнітного поля.

2.2 Рівняння руху для зарядженої частинки в електромагнітному полі. Сила Лоренца.

2.3 Перша пара рівнянь Максвелла.

2.4 Градієнтна інваріантність потенціалів. Умова калібровки потенціалів.

#### **Тема 3. Перетворення Лоренца для електромагнітного поля.**

3.1 Релятивістськи-коваріантне рівняння руху заряду в електромагнітному полі. Тензор електромагнітного поля.

3.2 Чотиривимірний вектор імпульсу зарядженої частинки в електромагнітному полі.

3.3 Властивості перетворення Лоренца стосовно векторних і тензорних величин з теорії електромагнітного поля.

3.4 Перетворення Лоренца для електромагнітного поля.

3.5 Інваріанти електромагнітного поля.

#### **Тема 4. Закон збереження заряду. Рівняння неперервності.**

- 4.1. Густина зарядів. Чотиривимірний вектор густини струму.
- 4.2. Закон збереження заряду. Рівняння неперервності.

**Тема 5. Друга пара рівнянь Максвелла. Самоузгоджена система рівнянь теорії поля. Закон збереження енергії.**

- 5.1. Функціонал дії для електромагнітного поля.
- 5.2. Друга пара рівнянь Максвелла.
- 5.3. Самоузгоджена система рівнянь теорії поля (мікроскопічної електродинаміки).
- 5.4. Закон збереження енергії в мікроскопічній електродинаміці.

**Тема 6. Задачі статyki.**

- 6.1. Задача електростатики.
- 6.2. Задача магнітостатики.

**Модуль 2. Рівняння макроскопічної електродинаміки.**

**Тема 7. Система диференціальних рівнянь для макроскопічного електромагнітного поля.**

- 7.1. Усереднення рівнянь мікроскопічної електродинаміки.
- 7.2. Фізичний зміст середнього значення мікроскопічної густини заряду. Вектор поляризації. Вектор електричного зсуву. Вектор намагніченості. Вектор напруженості магнітного поля.
- 7.3. Система диференціальних рівнянь для макроскопічного електромагнітного поля.
- 7.4. Як можна ввести джерела електромагнітного поля в систему рівнянь макроскопічної електродинаміки.
- 7.5. Матеріальні рівняння для електромагнітного поля.

**Тема 8. Граничні умови для векторів електромагнітного поля.**

- 8.1. Граничні умови для нормальних складових  $\vec{B}$  і  $\vec{D}$ .
- 8.2. Граничні умови для тангенціальних складових  $\vec{E}$  і  $\vec{H}$ .

**Тема 9. Закон збереження енергії в макроскопічній електродинаміці.**

- 9.1. Закон збереження енергії в макроскопічній електродинаміці. Теорема Умова - Пойнтінга.
- 9.2. Теорема одиничності розв'язання внутрішніх граничних задач макроскопічної

електродинаміки.

9.3. Теорема одиничності розв'язання для зовнішніх граничних задач макроскопічної електродинаміки.

### **Модуль 3. Електромагнітні хвилі.**

#### **Тема 10. Електромагнітні хвилі.**

10.1 Хвильове рівняння.

10.2. Фізичні властивості плоских хвиль.

10.3. Плоскі монохроматичні хвилі.

10.4. Рівняння Максвела в комплексній формі для монохроматичних плоских хвиль (МПХ).

10.5. Розповсюдження монохроматичних плоских електромагнітних хвиль в середовищі із втратами.

10.6. Середні у часі значення фізичних величин. Теорема Умова -Пойнтінга для комплексних амплітуд.

10.7. Частотні (спектральні) розкладання електромагнітного поля.

#### **Тема 11. Дисперсія діелектричної проникності.**

11.1. Дисперсія діелектричної проникності.

11.2. Співвідношення Крамерса - Кроніга.

11.3. Прозорі середовища.

#### **Тема 12. Падіння плоскої хвилі на плоску границю розділу середовищ.**

12.1. Падіння плоскої хвилі на плоску границю розділу середовищ. Закони Снеліуса.

12.2. Формули Френеля. Повне відбиття і проходження хвилі. Кут Брюстера.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин											
	Денна форма						Заочна форма					
	Усього	у тому числі					Усього	у тому числі				
		л	п	лаб	інд	ср		л	п	лаб	інд	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<b>Модуль 1</b>												
Тема 1.	7	2	1	-	-	4						
Тема 2.	20	8	4	-	-	8						
Тема 3.	27	10	5	-	-	12						
Тема 4.	16	4	2	-	-	10						
Тема 5.	23	8	3	-	-	12						
Тема 6.	14	4	2	-	-	8						
Модульний контроль	1		1	-	-	-						
Разом за модулем 1	108	36	18	-	-	54						
<b>Модуль 2</b>												
Тема 7.	28	12	4	-	-	12						
Тема 8.	24	4	2	-	6	12						
Тема 9.	29	8	3	-	6	12						
Модульний контроль	1		1	-	-	-						
Разом за модулем 2	88	24	10	-	18	36						
<b>Модуль 3</b>												
Тема 10.	41	17	3	-	5	16						
Тема 11.	27	6	2	-	5	14						
Тема 12.	25	4	1	-	10	10						
Модульний контроль	1		1	-	-	-						
Разом за модулем 3	92	27	7	-	18	40						
<b>Усього годин</b>	288	87	35	-	36	130						

#### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1.	Векторна алгебра	2
2.	Тензорний аналіз	4
3.	Спеціальна теорія відносності	6
4.	Релятивістська механіка	2
5.	Електростатика	4
6.	Магнітостатика	4
7.	Розповсюдження хвиль у середовищах	4
8.	Проходження, відбиття, загасання хвиль.	4
9.	Взаємодія е/м хвиль з речовиною, співвідношення невизначеності.	3
10.	Хвильові пакети, розповсюдження імпульсів.	2
	Разом	35

## 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Отримати вираз для гамільтоніана для зарядженої частинки в електромагнітному полі. Розв'язання задач.	14
2	Отримати зв'язок градієнтної інваріантності потенціалів з принципом найменшої дії за Гамільтоном. Розв'язання задач.	12
3	Сформулювати рівняння Гамільтона-Якобі в релятивістськи-коваріантній формі. Розв'язання задач.	12
4	Отримати вирази для всіх елементів тензора електромагнітного поля. Розв'язання задач.	8
5	Отримати перетворення Лоренца для всіх елементів тензора електромагнітного поля. Розв'язання задач.	8
6	Отримати вирази для операторів градієнт, дивергенція, ротор, лапласіан у циліндричній та сферичній системах координат. Розв'язання задач.	10
7	Визначити діелектричну проникність середовища з електронним механізмом поляризації, користуючись осциляторної моделлю атома. Розв'язання задач.	8
8	Знайти провідність металу у слабких полях при звичайних температурах. Розв'язання задач.	6
9	Отримати граничні умови для нормальних складових векторів $\vec{E}$ і $\vec{H}$ . Розв'язання задач.	16
10	Отримати граничні умови для тангенціальних складових векторів $\vec{D}$ і $\vec{B}$ . Розв'язання задач.	16
11	Отримати граничні умови для нормальних і тангенціальних складових векторів $\vec{P}$ і $\vec{M}$ . Розв'язання задач.	10
12	Вивести закони Снеліуса. Формули Френеля. Розв'язання задач.	10
	Разом	130

## 9. Індивідуальне навчально-дослідне завдання

Індивідуальне навчально-дослідне завдання полягає у виконанні курсової роботи. На його виконання відводиться 32 години.

При виконанні курсової роботи необхідно:

- підібрати літературу за темою курсової роботи;
- ознайомитися з теоретичним матеріалом по темі, поняттями, визначеннями й законами, необхідними для розуміння даного питання;
- зрозуміти, як ставиться проблема, які методи й підходи лежать в основі її рішення та аналізу, як здійснюється рішення;



- ознайомитися з фізичною інтерпретацією отриманих результатів;
- оформити звіт по курсовій роботі.

## 10. Методи навчання

Лекції, самостійна робота студентів, виконання курсової роботи.

## 11. Методи контролю

Модульний контроль, залік, захист курсової роботи, екзамен.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

### *Залік*

Поточне тестування та самостійна робота						Залік	Сума
Модуль 1							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	40	100
10	10	10	10	10	10		

### *Екзамен*

Поточне тестування та самостійна робота						Підсумковий семестровий контроль (екзамен)	Сума
Модуль 2			Модуль 3			40	100
T7	T8	T9	T10	T11	T12		
10	10	10	10	10	10		

### *Виконання курсової роботи*

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до 30	до 30	до 40	100

Форми контролю навчальних здобутків студентів – модульні письмові роботи, що містять теоретичні питання, які потребують розгорнутої відповіді, а також практичні задачі, що необхідно розв'язати. Модуль 1 складається із завдань по 6 темах, а модуль 2 і модуль 3 – по 3 темах, кожне з яких оцінюється у 10 балів.

Мінімальна кількість балів, яку повинен набрати студент для зарахування модуля, складає 50% від можливої.

Умови допуску студента до підсумкового семестрового контролю – зарахування модульних робіт, захист курсової роботи.

### Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи (проекту), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80-89	B	добре	
70-79	C		
60-69	D	задовільно	
50-59	E		
1-49	FX	незадовільно	не зараховано

### 13. Методичне забезпечення

1. Навчальний посібник, що містить конспект лекцій.

Методичні вказівки з виконання курсових робіт.

2. Модульні завдання.

3. Залікові завдання.

4. Екзаменаційні білети.

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Л.Д.Ландау, Е.М. Лифшиц. Теория поля. «Наука», М.,1967.
2. Л.Д.Ландау, Е.М. Лифшиц. Электродинамика сплошных сред, ГИТТЛ, М.,1957.
3. Дж. Джексон. Классическая электродинамика. «Мир», М.,1965.
4. В. Пановский, М. Филлипс. Классическая электродинамика, ГИТТЛ, М., 1963.
5. В.В.Никольский. Электродинамика и распространение радиоволн. «Наука», М.,1973.
6. Электродинамика. Теория поля: учебное пособие / О. В. Багацкая, А. Ю. Бутрым, Н. Н. Колчигин и др. – Х. : ХНУ имени В. Н. Каразина, 2008. – 136 с.
7. Макроскопическая электродинамика : учебное пособие / Багацкая О. В., Бутрым А. Ю. и др. Х. : ХНУ имени В. Н Каразина, 2012– 260 с.

#### Допоміжна

1. М.-А. Тонелла. Основы электромагнетизма и теории относительности, ГИФМЛ, М., 1963.
2. Б.З. Каценелленбаум. Высокочастотная электродинамика, «Наука», М., 1966.
3. Н.А. Семенов. Техническая электродинамика, «Связь», М., 1973.
4. С.И. Баскаков. Основы электродинамики, «Сов. радио», М., 1973.
5. Г.Т.Марков, А.Ф.Чаплин. Возбуждение электромагнитных волн, «Энергия»: М.-Л., 1967.